Environment Canada Environnement Canada

Environnement
a
e de la
tion de
onnement

GemEng Lightweight Fireproof Boom: Oil Containment Testing at OHMSETT

Canada

Technology Development
Report EPS 4-EP-83-5

Environmental Protection Programs Directorate
November 1983

44

ENVIRONMENTAL PROTECTION SERVICE REPORT SERIES

Technology Development Reports describe technical apparatus and procedures, and results of laboratory, pilot plant, demonstration or equipment evaluation studies. They provide a central source of information on the development and demonstration activities of the Environmental Protection Service.

Other categories in the EPS series include such groups as Regulations, Codes, and Protocols; Policy and Planning; Economic and Technical Review; Surveillance; Training Manuals; Briefs and Submission to Public Inquiries; and, Environmental Impact and Assessment.

Inquiries pertaining to Environmental Protection Service Reports should be directed to the Environmental Protection Service, Department of the Environment, Ottawa, Ontario, Canada, K1A 1C8.

GEMENG LIGHTWEIGHT FIREPROOF BOOM: OIL CONTAINMENT TESTING AT OHMSETT

by

Michael Borst
Mason & Hanger-Silas Mason Co., Inc.
Leonardo, New Jersey 07737

for the

Technical Services Branch
Environmental Protection Programs Directorate
Environmental Protection Service
Environment Canada

EPS 4-EP-83-5
November 1983

REVIEW NOTICE

This report has been reviewed by the Technical Services Branch, Environmental Protection Service, and approved for publication. Approval does not necessarily infer that the contents reflect the views and policies of the Environmental Protection Service. Mention of trade names or commercial products does not constitute endorsement for use.

© Minister of Supply and Services Canada 1983
Cat. No. En48-4/83-5
ISBN 0-662-52770-4
BEAUREGARD PRESS LIMITED

ABSTRACT

An oil containment boom developed by GemEng Ltd., of Toronto, Ontario, was tested at the Oil and Hazardous Materials Simulated Environmental Test Tank to assess its containment capabilities under fire, current, and wave conditions.

The oil loss rates at the tow speeds tested were lower than predicted. Although splashover did occur in 0.2 m x 1.4 m regular waves, the first-loss tow speed in calm water was 1.1 kn. That speed is approximately 10% higher than the normal as established by previous boom tests. The tests showed that the GemEng boom can be expected to have good durability under rough environmental conditions.

TABLE OF CONTENTS

		Page
ABSTRACT		i
LIST OF TABLES		iv
LIST OF FIGURES		v
1	INTRODUCTION	1
2	BOOM DESCRIPTION	2
3	TEST DESCRIPTION	5
3.1	Containment Testing	6
3.2	Fire Testing	6
3.3	Survival Testing	6
4	TEST RESULTS	7
4.1	Containment Testing	7
4.2	Fire Testing	11
4.3	Survival Testing	12
5	CONCLUSIONS	14
6	RECOMMENDATIONS	15
APPENDIX	UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY'S OIL AND HAZARDOUS MATERIALS SIMULATED ENVIRONMENTAL TEST TANK (OHMSETT)	17

LIST OF TABLES

Table		Page
1	PREDICTED CALM WATER LOSS RATES	7
2	MEASURED LOSS RATES FOR THE GEMENG BOOM	11
3	SUMMARY OF FIRE TESTS	12

LIST OF FIGURES

Figure		Page
1	DRAWING OF THE BOOM SECTION	3
2	DRAWING OF THE CABOOSE	4
3	TEST SET-UP	5
4	COMPARISON OF THE PRE-TEST PREDICTED LOSS RATES WITH THE MEASURED LOSS RATES AT TOW SPEEDS THROUGH 1.5 kn IN CALM WATER	7
5	ENTRAINMENT LOSS AT LOW SPEED TESTS	8
6	DRAINAGE LOSSES AT HIGHER SPEED TESTS	8
7	COMPARISON OF THE LOSS RATE FOR THE GEMENG BOOM IN WAVES AND IN CALM WATER	9
8	PULSED LOSSES IN WAVES	10
9	BOOM SPLASHOVER IN SHORT WAVE TESTS	10
10	BOOM UNDER FIRE DURING TEST 21R	13

1 INTRODUCTION

An oil boom intended as an inexpensive alternative for the containment of burning oil has been developed by a Canadian company. Several designs were investigated; the final design was tested by exposure to burning diesel fuel. With the capability to withstand heat exposure proven, the boom was shipped to the Oil and Hazardous Materials Simulated Environmental Test Tank (OHMSETT) in Leonardo, New Jersey. The U.S. Environmental Protection Agency's test facility was chosen to document the oil containment capabilities of the boom in an environmentally safe manner. A complete description of the OHMSETT facility can be found in the Appendix. As part of the OHMSETT tests, the boom was tow-tested with burning Murban crude oil. The boom was tested at high speed to determine whether it would submarine or plane; its ability to sustain exposure to a 0.63-m harbour chop for an extended period was also assessed. The combination of the fire, high speed, and wave exposure tests push the limit of non-destructive testing.

This report summarizes the results of the OHMSETT trials. The work was done under contract through the Canadian Department of Supply and Services for the Environmental Protection Service. It was undertaken by Mason & Hanger-Silas Mason Co., Inc. through Article XIX of Contract No. 68-03-3056 with the U.S. Environmental Protection Agency.

The Project Officer for the trials was R.A. Griffiths of the Oil and Hazardous Materials Spills Branch of the Municipal Environmental Research Laboratory, Edison, New Jersey.

The Scientific Authority was K.M. Meikle, Environmental Protection Service, Environment Canada.

2 BOOM DESCRIPTION

A lightweight fireproof oil containment boom (Figure 1) has been developed by GemEng Ltd. of Toronto, Ontario. The boom is constructed in discrete 1.2-m lengths, hexagonal in cross-section. The maximum diameter of the hexagon is 484 mm, and the minimum diameter is 420 mm. When floating, the boom has a freeboard of 280 mm and a draft of 440 mm. The center of the boom sections is hollow, giving the boom an annular cross-section. A 10-mm diameter steel cable runs through six sections to form a train that serves as the boom flotation and freeboard. A 300-mm skirt is fastened to the bottom hexagon face. A single skirt is connected along a six-section length of boom supported from aluminum angle. The bottom of the skirt is doubled over to wrap around a smaller diameter tension cable.

The end section of each train, the caboose, is built differently from the remaining sections and holds the mechanism for joining trains. It is constructed to the same dimensions as the other members of the train, but the top is hollowed out to give access to the turnbuckle and plate connectors (see Figure 2).

The boom is constructed of a Foamglas core surrounded by a 4-mm fibre-reinforced refractory cement skin. A 75-mm diameter galvanized steel tube is at the core of each boom section. The mating ends of boom sections are shaped to form a ball-and-socket joint. A silicon bead has been placed in the socket half of each joint. This shape allows for a random connection of the sections so long as the caboose is at the end of the train. The trains are joined together within the caboose to form the boom.

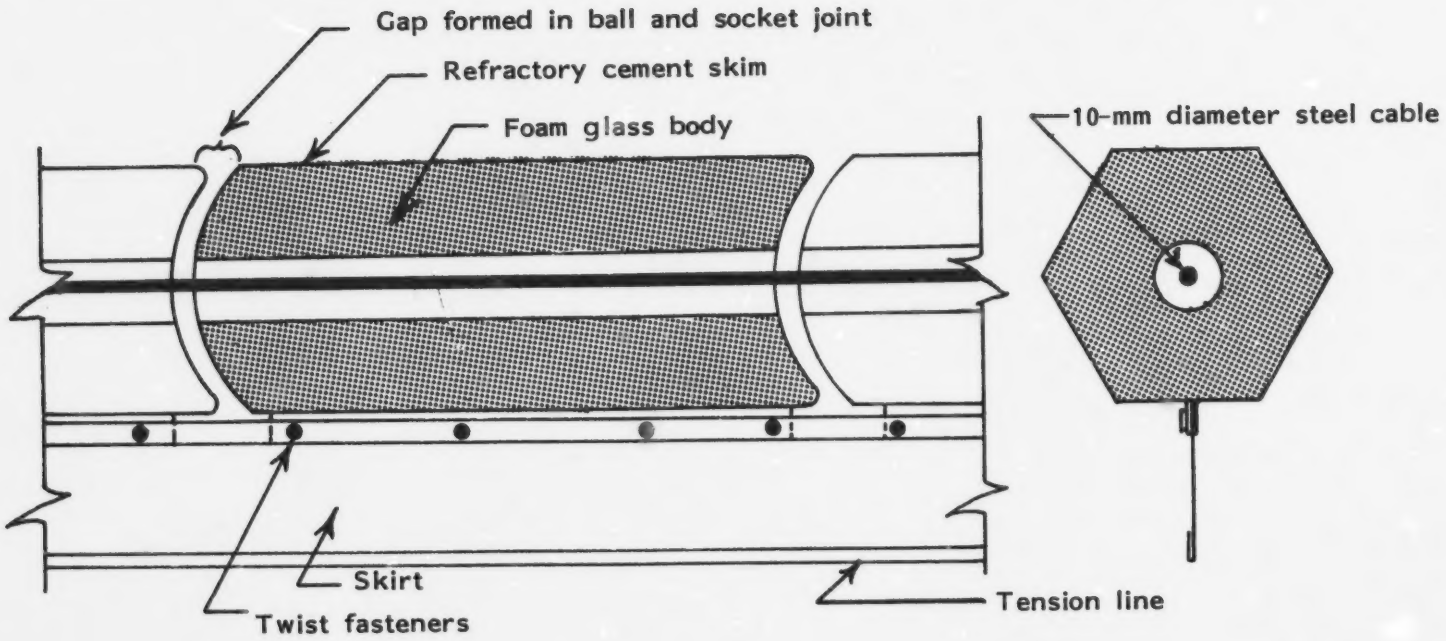


FIGURE 1 DRAWING OF THE BOOM SECTION

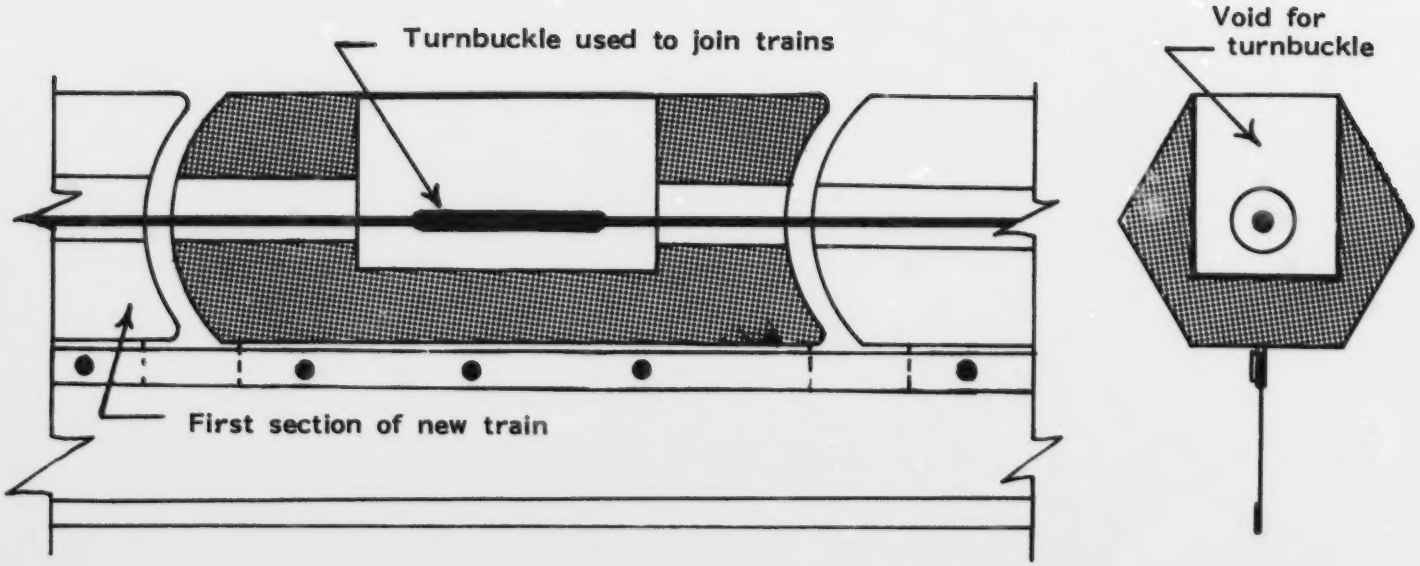


FIGURE 2 DRAWING OF THE CABOOSE

3 TEST DESCRIPTION

Three boom sections were joined together and a 4.6-m leader was connected to each end. The tow cables were connected to tow points 10.4 m apart on the main bridge. The main cable was connected at the waterline, and the skirt was connected 400 mm below the waterline. A tow-back cable was connected to the boom between the eighth and ninth boom sections, slightly west of the apex and midway along the train length (Figure 3).

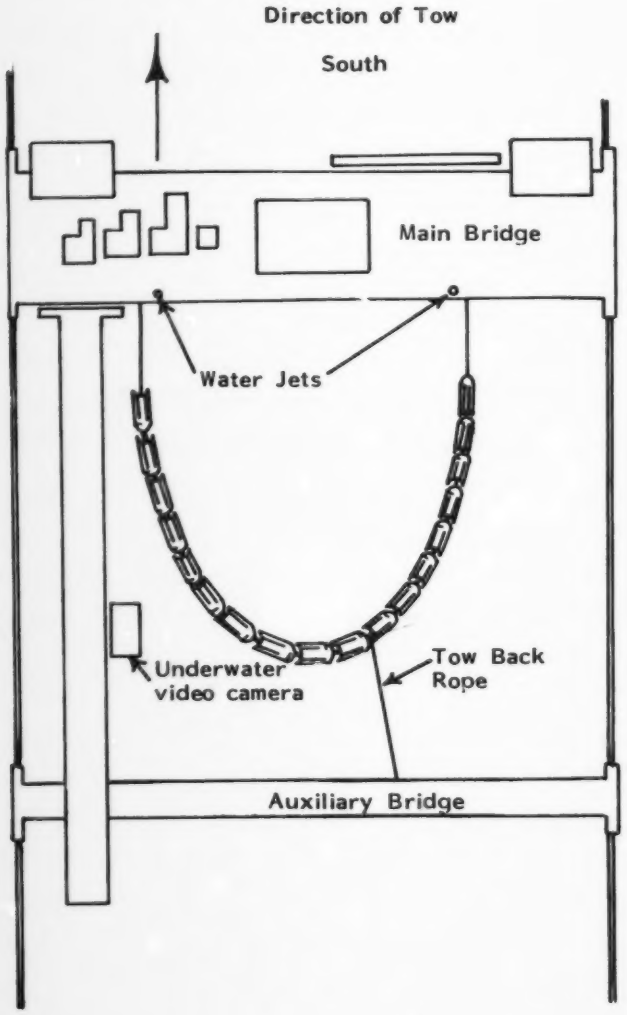


FIGURE 3 TEST SET-UP

3.1 Containment Testing

The boom was preloaded with 0.19 m^3 of Circo-X heavy oil and was brought to the designated test speed. Oil distribution began with first movement of the bridge. The time required to traverse a pre-marked distance of 30.5 m was measured after the bridge came to speed. When the boom had traversed 80% of the available tank length, the tow speed was reduced to 0.5 kn. The at-speed test time was measured as the elapsed time from reaching the desired test speed to the time of speed reduction to 0.5 kn.

After the tow speed was reduced to 0.5 kn, the trailing oil was forced past the auxiliary bridge boom, and the oil control system was implemented. The bridges were stopped and the auxiliary bridge boom lowered. The bridges were then returned to their starting positions at the north end of the test tank. The oil behind the auxiliary bridge boom was sandwiched between the auxiliary bridge boom and a 19.8-m length of MP boom that crossed the tank. This oil was then fire-hosed to the east side of the tank where it was collected using a Kaiser SWISS OELA III skimmer. The skimmer fluid was pumped to polypropylene barrels for measurement and sampling.

3.2 Fire Testing

The boom was preloaded with 76 L of Murban crude oil; four buckets of the oil were also placed on the main bridge. The boom was brought to 0.25 kn to begin the test. A 150-mm length of 150-mm diameter ethafoam flotation was wrapped with 3M sorbent 100 and secured with machinist wire to form a wick. The wick, soaked in oil and sprayed with an ether-based automotive starting fluid, was lit and placed on the water surface with a boat hook. The preload was then towed into the wick to ignite the oil. After the oil within the boom was burning, the test began. As the oil in the boom was depleted by the combustion, oil was added from the buckets on the main bridge to maintain the oil supply.

3.3 Survival Testing

The boom was towed by the main bridge at speeds up to 3.5 kn to determine the strength of the materials and any tendency to plane or submarine at higher tow speeds. The boom length was also exposed to a 0.63-m harbour chop for 45 minutes to determine whether the boom would survive heavy seas. It was recognized that this would not substitute for sea trials, but was intended to give an indication of capabilities.

4 TEST RESULTS

4.1 Containment Testing

The GemEng boom losses were predicted based on two other booms that have been tested with the same basic method and were made without regard for any loss other than under the skirt. These a priori estimates are listed in Table 1. It was felt that, if the GemEng boom loss rate compared closely with these loss rates, the boom had adequate oil containment capabilities. The calm water test results showed a first loss tow speed higher than predicted. At speeds above first loss, the loss rate was slightly below the predicted values (Figure 4). Tests run at the lower speeds showed entrainment as the loss mechanism (Figure 5). Higher speed tests showed both drainage (Figure 6) and entrainment losses.

TABLE 1 PREDICTED CALM WATER LOSS RATES

Tow Speed (kn)	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
Loss Rate (m^3/h)	0.1	0.3	0.7	1.6	3.3	7.0	14.7	30.6	64.5	135.2

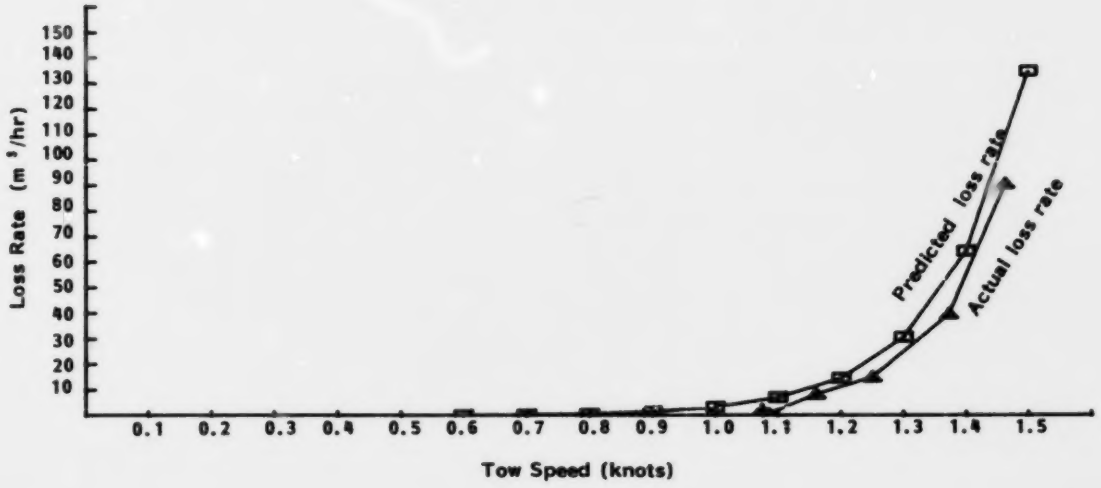


FIGURE 4 COMPARISON OF THE PRE-TEST PREDICTED LOSS RATES WITH THE MEASURED LOSS RATES AT TOW SPEEDS THROUGH 1.5 kn IN CALM WATER

FIGURE 5 ENTRAINMENT LOSS AT LOW SPEED TESTS
This underwater photograph was taken during test 3 run at 1.075 kn. The loss rate was determined to be 2.3 m^3/h.

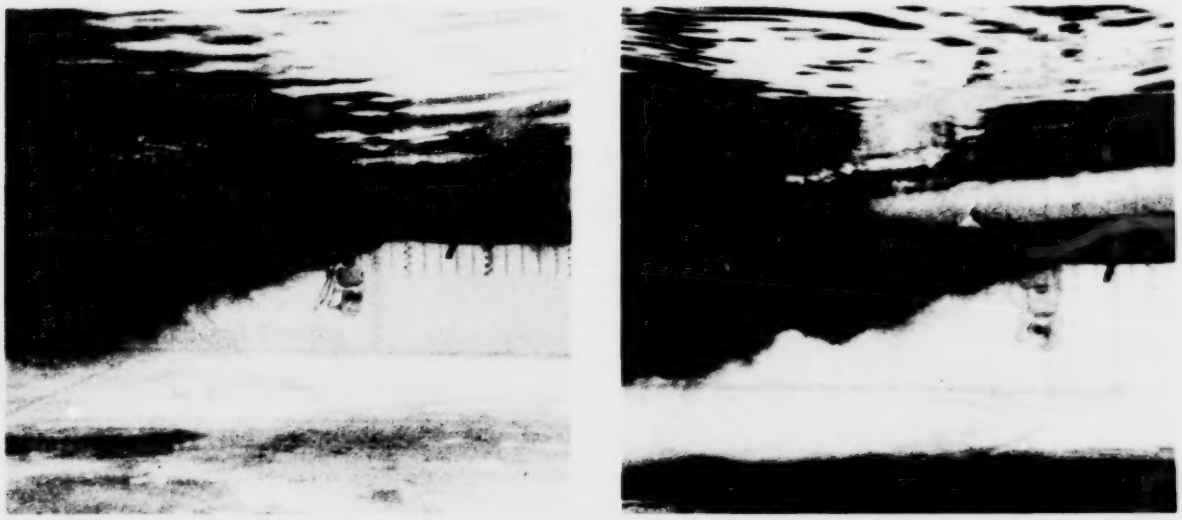


FIGURE 6 DRAINAGE LOSSES AT HIGHER SPEED TESTS
When towed at the limits of this testing, both entrainment and drainage became apparent.

The losses in wave conditions were greater than in calm water (Figure 7). In these tests, the losses tended to come in pulses, produced as the boom began to climb an oncoming wave. An example of this pulsed loss is shown in Figure 8. In the shortest wave tested, the boom suffered splashover as well as under-boom losses. This was the only wave that caused splashover (see Figure 9). The loss rates for the wave and calm water tests are listed in Table 2.

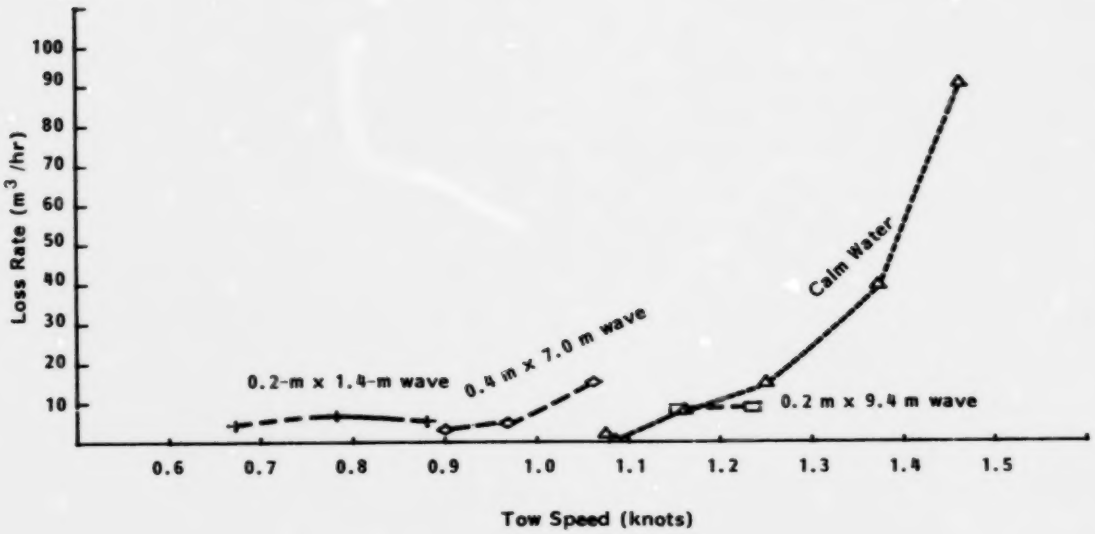


FIGURE 7 COMPARISON OF THE LOSS RATE FOR THE GEMENG BOOM IN WAVES AND IN CALM WATER. Note that the second point in the regular wave (0.2 x 9.4 m) is below the calm water loss rate.

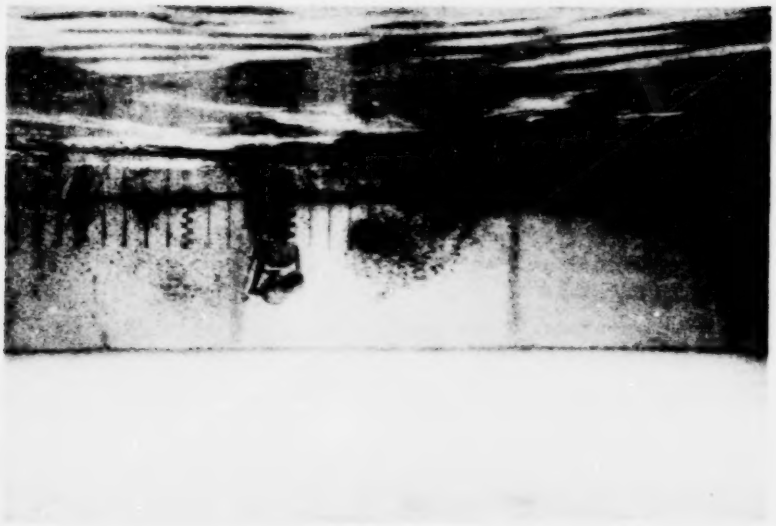


FIGURE 8 PULSED LOSSES IN WAVES
This underwater photograph was taken during test 13. The boom is being towed into a regular wave (0.4 m x 7.0 m), which is not readily apparent in the photograph. The loss rate was measured at 3.1 m^3/h. Notice the oil pulse immediately behind the boom apex.

FIGURE 9 BOOM SPLASHOVER IN SHORT WAVE TESTS
This photograph, taken during test 18, shows the GemEng boom being towed at 0.782 kn into a regular wave (0.2 m x 1.4 m). Notice the splashover. This was the only wave which caused splashover.

TABLE 2 MEASURED LOSS RATES FOR THE GEMENG BOOM

Test No.	Tow Speed (kn)	Loss Rate (m^3/h)
	Calm Water, First Loss: 1.1 kn	
3	1.075	2.3
3R	1.085	0.7
4	1.161	8.2
5	1.250	15.0
6	1.373	39.8
7	1.463	90.8
	0.2 m x 9.4 m Regular Wave, First Loss: 1.1 kn	
9	1.154	8.0
10	1.235	8.6
	0.4 m x 7.0 m Regular Wave, First Loss: 0.9 kn	
13	0.900	3.1
14	0.968	4.8
15	1.062	15.1
	0.2 m x 1.4 m Regular Wave, First Loss: 0.7 kn	
17	0.672	4.4
18	0.782	6.8
19	0.880	5.3

4.2 Fire Testing

A total of three fire tests were run (see Table 3). The boom successfully withstood the exposure to fire. The surface of the boom spalled and cracked but was serviceable after the exposure. The boom contained the burning oil completely on the lower speed runs.

During the high speed fire test, the Murban crude oil was entrained and lost by the boom. The entrainment on the high speed tests looked about the same as the tests with the Circo oil. Burning oil was also lost through the ball and socket joints. This oil continued to burn close to the rear boom face (within about 1 metre). When resurfacing entrained oil encountered this oil, it too was ignited. Figure 10 shows the boom during the second fire test.

TABLE 3 SUMMARY OF FIRE TESTS

Test No.	Tow Speed (kn)	Burn Duration (min:s)	Wind Direction	Wind Speed (kn)	Air Temp (°C)	Water Temp (°C)
21	0.50	4:21	N	2-3	15	23
21R	0.25	7:25	SE	1-2	14	23
22	1.25	1:44	W	1-2	15	23

The fire in these burns was more intense than previously experienced during testing at OHMSETT; a large fire vortex formed in the 0.5-kn and 0.25-kn tests. It is speculated that the fire was more intense than in the previous tests because of the higher ambient temperatures. This would make more of the lighter ends within the Murban crude oil vaporize and stimulate combustion.

4.3 Survival Testing

When the boom was towed through 3.5 kn, the water rose against the face of the boom. At 3.5 kn, the water began to trickle over the top of the boom until suddenly the boom "popped up" and rode at the same level as in the slower speed tests.

During the 45-minute exposure to the 0.63-m harbour chop, the boom rode the wave well in both tow directions. The individual boom components slid along the 10-mm cable, colliding with each other. Some deterioration occurred at the ball-and-socket connections. The damage to the sections where the boom was connected to the tow back cable was more pronounced than at the other points.

During the testing, the skirt tore and several support angle lengths became separated from the flotation. The caboose sections tended to rotate about the 10-mm control cable despite the weights added to prevent this. A few sockets lost the silicone bead applied to them.

FIGURE 10 GEMENG BOOM UNDER FIRE DURING TEST 21R
The boom is being towed at 0.25 kn in calm water. The circular flames in the foreground resulted from the ignition of a bucketful of Murban crude oil added during the test. This was the longest test run with burning oil, lasting 7 min 25 s.

5 CONCLUSIONS

The GemEng boom contains oil within the same general capabilities as the non-fireproof booms tested for loss rate. The loss rate for the boom is within the estimated limits of the projected loss rate. The limited number of booms having undergone similar testing does not provide the statistical confidence to state that the slightly lower loss rates are significant, but the loss rate was lower than predicted throughout the tow speed range tested. The increase in first-loss tow speed to 1.1 kn from the traditional 0.75-kn range is, however, significant.

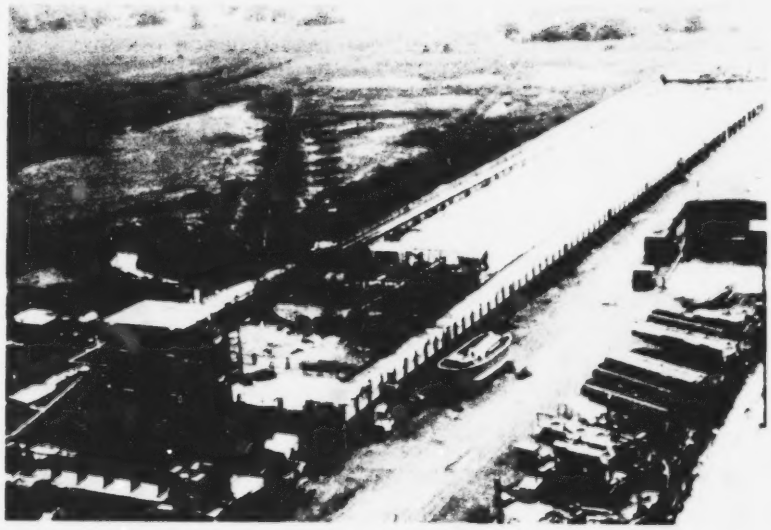
The intentionally abusive testing demonstrates that the boom can be expected to withstand some rough environmental conditions without complete deterioration. The damage incurred suggests, however, that immediate reuse of the boom after exposure should not be anticipated. Salvage of components of the boom can be expected. After the tests, the boom was returned to the manufacturer who reported that the damaged sections were readily repaired.

Despite the sudden pop-up that the boom demonstrated when towed at 3.5 kn, it is expected that the boom will submarine when used in high relative current applications. The cause of the resurfacing is not known, but is believed to be either a plastic deformation of the lower tension member or tearing of the skirt. Either will cause the total drag and thus the downward component force to decrease.

6 RECOMMENDATIONS

- The 75-mm diameter galvanized steel serving as a buffer in the center hole should be of slightly heavier gauge, as these were overly deformed and torn on several of the sections.
- The seal on the skin at both ends should be strengthened.
- The stainless steel twist fasteners should be replaced, as the lubricating nature of oil defeats the friction holding power of the fastener.
- The aluminum angle (40 mm x 40 mm x 3 mm) attached to the flotation with molly bolts should have a length of metal plate placed parallel within the boom to distribute rather than concentrate the forces at these three points.
- The connector boom sections (cabooses) are much more fragile than the standard boom sections. The integrity of these pieces must be improved. The center of mass of these sections must be moved below the center of buoyancy so that they float right-side-up without the need to add exterior weights as was done for this testing.
- The silicone bead used to seal the ball-and-socket joint needs to be enlarged and more securely fastened to the socket.
- A higher-tensile-strength skirt material should be used to replace the current material. The skirt tension member should be larger in diameter.

APPENDIX UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY'S OIL AND HAZARDOUS MATERIALS SIMULATED ENVIRONMENTAL TEST TANK (OHMSETT)



The U.S. Environmental Protection Agency operates the Oil and Hazardous Materials Simulated Environmental Test Tank (OHMSETT) located in Leonardo, New Jersey. This facility provides an environmentally safe place to conduct testing and development of devices and techniques for the control and cleanup of oil and hazardous material spills.

The primary feature of the facility is a pile-supported, concrete tank with a water surface 203-m long by 20-m wide and with a water depth of 2.4 m. The tank can be filled with fresh or salt water. The tank is spanned by a bridge capable of exerting a horizontal force up to 151 kilonewtons while towing floating equipment at speeds to 3.3 m/s (6.5 kn) for at least 40 seconds. Slower speeds yield longer test runs. The towing bridge is equipped to lay oil or hazardous materials on the surface of the water several

metres ahead of the device being tested, so that reproducible thicknesses and widths of the test slicks can be achieved with minimum interference by wind.

The principal systems of the tank include a wave generator, a beach, and a filter system. The wave generator and absorber beach can produce regular waves to 0.6 m high and 45 m long, as well as a series of 0.7 m high reflecting, complex waves meant to simulate the water surface of the harbour. The tank water is clarified by recirculation through a 268 m^3/h diatomaceous earth filter system to permit full use of a sophisticated underwater photography and video imagery system and to remove the hydrocarbons that enter the tank water as a result of testing. The towing bridge has a built-in oil barrier which is used to skim oil to the north end of the tank for cleanup and recycling.

When the tank must be emptied for maintenance purposes, the entire water volume of 9800 m^3 is filtered and treated until it meets all applicable State and Federal water quality standards before being discharged. Additional specialized treatment may be used whenever hazardous materials are used for tests.

Testing at the facility is served from a 650-m^2 building adjacent to the tank. This building houses offices, a quality control laboratory (which is very important since test fluids and tank water are both recycled), a small machine shop, and an equipment preparation area.

This government-owned, contractor-operated facility is available for testing purposes on a cost-reimbursable basis. The operating contractor, Mason & Hanger-Silas Mason Co., Inc., provides a permanent staff of 21 multi-disciplinary personnel. The U.S. Environmental Protection Agency provides expertise in the area of spill control technology and overall project direction.

For additional information, contact: Richard A. Griffiths, OHMSETT Project Officer, U.S. Environmental Protection Agency, Research and Development, MERL, Edison, New Jersey 08837. Telephone: 201-321-6629.

Environment Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada
Environmental Protection Service

Barrière GemEng, légère et à l'épreuve du feu: Essais de confinement de nappes d'hydrocarbures à l'O.H.M.S.E.T.T.

Canada

Développement technologique
Rapport SPE 4-EP-83-5

Direction générale des programmes de protection de l'environnement
Novembre 1983

SÉRIE DE RAPPORTS DU SERVICE DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Les rapports sur le développement technologique décrivent l'outillage et les procédés techniques, ainsi que les résultats des études portant sur les laboratoires, les installations d'essai, les démonstrations, ou l'évaluation des équipements. Ces rapports constituent une source centrale de renseignements sur les activités et la mise en valeur du Service de la protection de l'environnement.

Les autres catégories de la série de rapports du S.P.E. comprennent les groupes suivants: règlements, codes et accords; politique et planification; analyse économique et technique; surveillance; guides de formation; rapports et exposés à l'enquête publique; et impacts environnementaux.

Les demandes relatives aux rapports du Service de la protection de l'environnement doivent être adressées au Service de la protection de l'environnement, ministère de l'Environnement, Ottawa, Ontario, Canada K1A 1C8.

BARRIÈRE GEMENG, LÉGÈRE ET À L'ÉPREUVE DU FEU: ESSAIS DE CONFINEMENT DE NAPPES D'HYDROCARBURES À L'O.H.M.S.E.T.T.

Michael Borst
Mason & Hanger-Silas Mason Co., Inc.
Leonardo (New Jersey) 07737

Direction de services techniques
Direction générale des programmes de protection de l'environnement
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada

SPE 4-EP-83-5
Novembre 1983

Publication distribuée par le ministère de l'Environnement
Ottawa, K1A 1C8

Édition française de
GemEng Lightweight Fireproof Boom: Oil Containment Testing at OHMSETT
préparée par le Module d'édition française
du ministère de l'Environnement

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1983
N° de cat. En48-4/83-5
ISBN 0-662-52770-4
IMPRIMERIE BEAUREGARD LIMITÉE

RÉSUMÉ

Une barrière flottante, permettant de contenir les nappes d'hydrocarbures, mise au point par GemEng Ltd. de Toronto (Ontario), a été soumise à des essais à l'O.H.M.S.E.T.T. (Oil and Hazardous Materials Simulated Environmental Test Tank) pour évaluer son efficacité quand la nappe d'hydrocarbures est en feu et qu'il y a du courant et des vagues.

Les pertes d'hydrocarbures aux vitesses de remorquage des essais étaient plus faibles que prévu. Il y a eu des éclaboussures dans des vagues régulières de 0,2 m sur 1,4 m, mais ce n'est qu'à une vitesse de 1,1 kt qu'on a observé les premières pertes lors du remorquage. Cette vitesse est d'environ 10 p. 100 plus élevée que la vitesse normale, établie lors d'essais précédents avec des barrières flottantes. Les essais ont montré que la barrière GemEng possédait suffisamment de résistance dans des conditions environnementales difficiles.

ABSTRACT

An oil containment boom developed by GemEng Ltd., of Toronto, Ontario, was tested at the Oil and Hazardous Materials Simulated Environmental Test Tank to assess its containment capabilities under fire, current, and wave conditions.

The oil loss rates at the tow speeds tested were lower than predicted. Although splashover did occur in 0,2 m x 1,4 m regular waves, the first-loss tow speed in calm water was 1,1 kn. That speed is approximately 10 % higher than the normal as established by previous boom tests. The tests showed that the GemEng boom can be expected to have good durability under rough environmental conditions.

AVIS AU LECTEUR

Le présent rapport a été examiné par la Direction des services techniques du Service de la protection de l'environnement, lequel en a approuvé la publication. Cette approbation ne reflète pas nécessairement les vues et les politiques du Service de la protection de l'environnement. La mention des marques de commerce des produits ne signifie pas que le Service en sanctionne l'utilisation.

TABLE DES MATIÈRES

Résumé et Abstract		III
Liste des figures		VI
Liste des tableaux		VII
1	INTRODUCTION	1
2	DESCRIPTION DE LA BARRIÈRE	2
3	DESCRIPTION DE L'ESSAI	5
3.1	Essais de confinement	6
3.2	Essais de combustion	6
3.3	Essais de résistance limite	6
4	RÉSULTATS DES ESSAIS	7
4.1	Essais de confinement	7
4.2	Essais de combustion	12
4.3	Essais de résistance limite	14
5	CONCLUSION	15
6	RECOMMANDATIONS	16
Annexe	Centre d'essai O.H.M.S.E.T.T. (Oil and Hazardous Materials Simulated Environmental Test Tank) de l'Agence de protection de l'environnement (E.P.A., États-Unis)	17

LISTE DES FIGURES

1	Vues en coupe d'un segment de la barrière	3
2	Vues en coupe d'un segment terminal	4
3	Dispositif d'essai	5
4	Comparaison des taux de pertes prévus avant les essais et des taux de pertes mesurés à des vitesses de remorquage allant jusqu'à 1,5 kt en eau calme	8
5	Pertes par entraînement lors des essais à faible vitesse	9
6	Pertes par échappement laminaire aux vitesses les plus élevées	9
7	Comparaison des taux de pertes de la barrière GemEng en présence de vagues et en eau calme	10
8	Pertes par à-coups dans les vagues	11
9	Éclaboussures au-dessus de la barrière lors des essais dans des vagues régulières	11
10	Barrière GemEng lors de l'essai de combustion nº 21R	13

LISTE DES TABLEAUX

1	Taux de pertes prévus en eau calme	7
2	Taux de pertes mesurés pour la barrière GemEng	12
3	Résumé des résultats des essais de combustion	13

1 INTRODUCTION

Une compagnie canadienne a mis au point une barrière flottante permettant de contenir à un coût raisonnable des nappes d'hydrocarbures en feu. Plusieurs modèles ont été étudiés; le système final a été mis à l'essai par exposition à du carburant diesel en feu. Une fois démontrée sa capacité de résister au feu, la barrière a été expédiée au centre expérimental O.H.M.S.E.T.T. (Oil and Hazardous Materials Simulated Environmental Test Tank) à Leonardo (New Jersey). Ce centre expérimental de l'E.P.A. (États-Unis) a été choisi pour évaluer l'efficacité de la barrière sans nuire à l'environnement. L'annexe donne une description détaillée de l'O.H.M.S.E.T.T. Lors des essais, la barrière a été remorquée dans du pétrole brut Murban en feu. On l'a remorquée à une vitesse élevée pour déterminer si elle s'enfoncerait dans l'eau ou si elle en raserait la surface; de plus, sa résistance à un clapotis de port (simulé) de 0,63 m a également été évaluée pendant une période prolongée. La combinaison des essais de résistance au feu, à la vitesse élevée et aux vagues a permis de pousser très loin les limites d'expérimentation non destructive.

Le présent rapport résume les résultats des essais faits à l'O.H.M.S.E.T.T. Ceux-ci ont été effectués sous contrat, passé par Approvisionnement et Services Canada au nom du Service de la protection de l'environnement. C'est la compagnie Mason & Hanger-Silas Mason Co., Inc., en vertu de l'article XIX du contrat nº 68-03-3056 de l'E.P.A. (États-Unis), qui a été chargée des essais.

Le directeur de projet pour les essais était R.A. Griffiths, Oil & Hazardous Materials Spills Branch, Municipal Environmental Research Laboratory, Edison (New Jersey).

Le responsable scientifique était K.M. Meikle, du Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada.

2 DESCRIPTION DE LA BARRIÈRE

GemEng Ltd. de Toronto (Ontario) a mis au point une barrière légère, à l'épreuve du feu, permettant de contenir les nappes d'hydrocarbures (figure 1). Elle est constituée de segments individuels de 1,2 m chacun, qui vus en coupe ont une forme hexagonale. Le diamètre maximal de l'hexagone est de 484 mm, et le diamètre minimal, de 420 mm. Lorsqu'elle flotte, la barrière a un franc-bord de 280 mm et un tirant de 440 mm. La partie centrale creuse des segments de la barrière lui donne transversalement la forme d'un anneau. Un câble en acier de 10 mm de diamètre traverse six segments en formant une section qui constitue le flotteur et le franc-bord de la barrière. Une jupe de 300 mm est fixée à la face inférieure de l'hexagone. Une jupe simple est montée sur une longueur de barrière correspondant à six segments, avec comme support une cornière d'aluminium. La partie inférieure de la jupe est double pour pouvoir envelopper un câble de traction de petit diamètre.

Le segment terminal de chaque section, soit le "segment de queue", est différent des autres segments, car il renferme le mécanisme reliant deux sections l'une à l'autre. Les dimensions de ce segment terminal sont les mêmes que celles des autres segments, mais la partie supérieure est creuse pour permettre l'introduction du tendeur et des connecteurs à plaques (voir figure 2).

La barrière est constituée d'un noyau en Foamglas, entouré d'une couche de ciment réfractaire renforcé de fibres, d'une épaisseur de 4 mm. Un tube en acier galvanisé de 75 mm de diamètre passe au centre de chaque segment de la barrière. Les extrémités correspondantes des segments sont des joints à rotule. Chaque rotule a été munie d'un bourrelet en silicone placé dans sa partie concave. Ce système permet de connecter une section à n'importe quelle autre pourvu que le segment terminal se trouve bien à l'extrémité de la section. Les sections reliées entre elles par des segments terminaux forment la barrière.

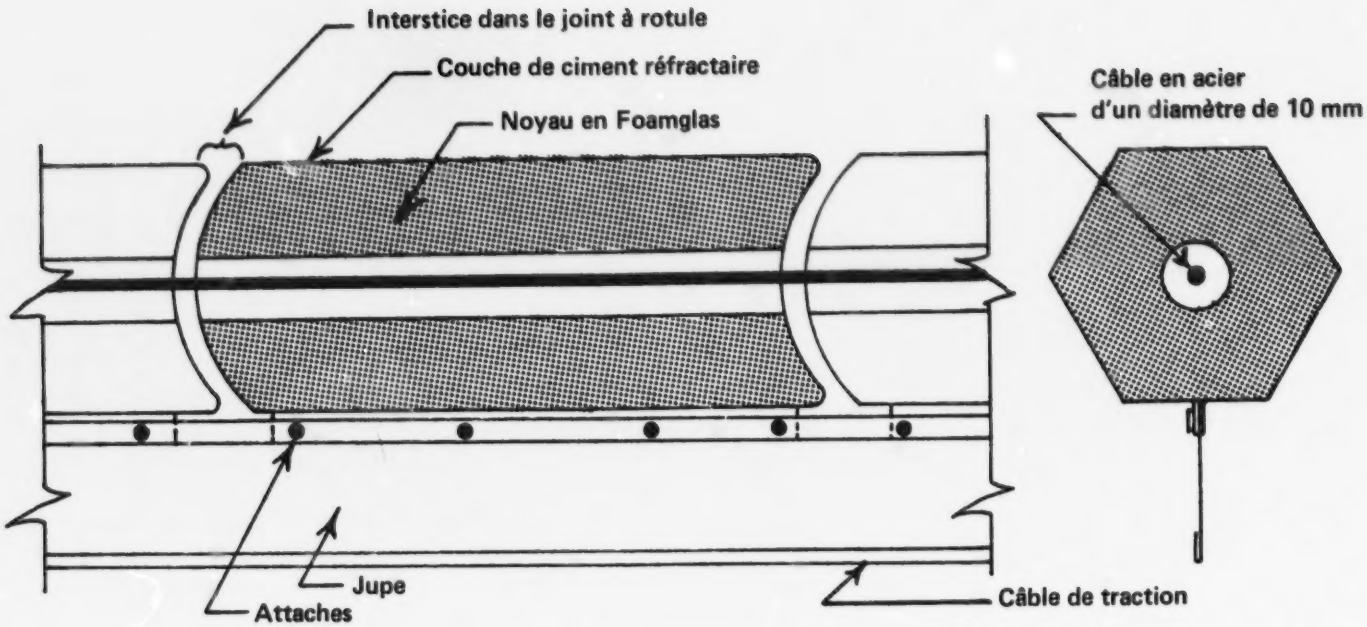


FIGURE 1 VUES EN COUPE D'UN SEGMENT DE LA BARRIÈRE

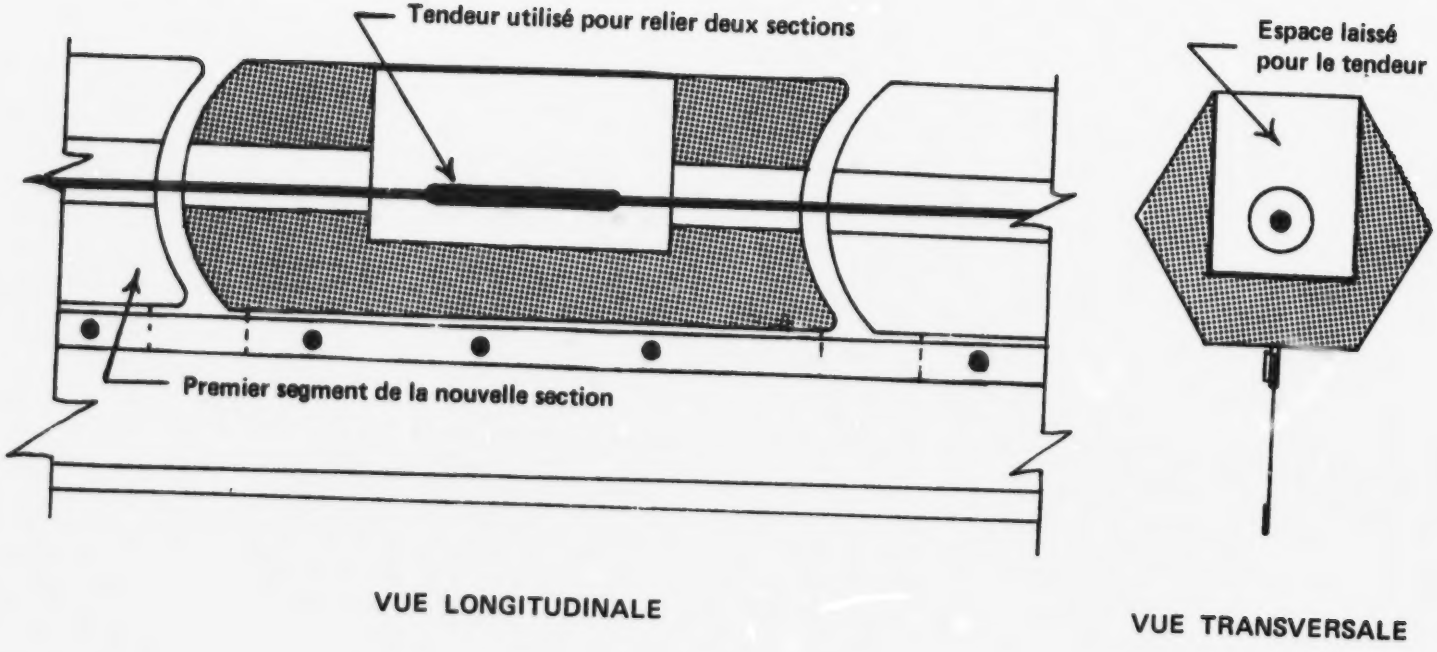


FIGURE 2 VUES EN COUPE D'UN SEGMENT TERMINAL

3 DESCRIPTION DE L'ESSAI

Après avoir relié entre elles trois sections de la barrière, on a utilisé un guide de 4,6 m fixé à chaque extrémité pour les connecter. Ces câbles ont ensuite été attachés à des points de remorquage, distants de 10,4 m, sur le pont principal. Le câble principal se trouvait au niveau de la ligne de flottaison, la fixation de la jupe se situant à 400 mm en dessous de cette ligne. On a fixé un câble de contre-remorquage entre le huitième et le neuvième segments, légèrement à l'ouest de la pointe de la barrière (figure 3).

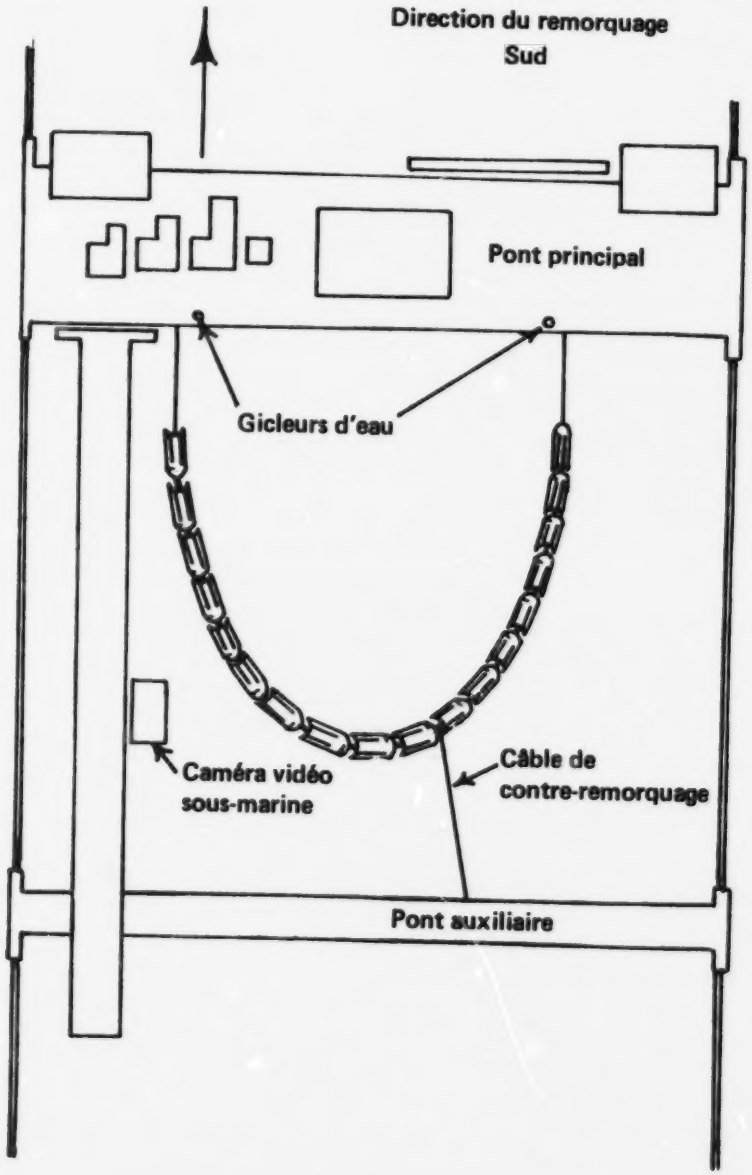


FIGURE 3 DISPOSITIF D'ESSAI

3.1 Essais de confinement

La barrière, après avoir été chargée de 0,19 m^3 d'huile lourde Circo-X, fut amenée à la vitesse voulue. L'addition d'huile a commencé dès les premiers mouvements du pont. Le temps requis pour traverser une distance de 30,5 m, préalablement marquée de repères, a été mesuré après que le pont ait atteint la vitesse voulue. Une fois que la barrière ait parcouru 80 p. 100 de la longueur du bassin, on a réduit la vitesse de remorquage à 0,5 kt. On a considéré que le temps d'essai à la vitesse choisie correspondait au temps écoulé entre le moment où la vitesse d'essai était atteinte et celui où la vitesse avait baissé à 0,5 kt.

Après que la vitesse de remorquage eut baissé à 0,5 kt, on a fait passer au-delà du pont auxiliaire l'huile non retenue par la barrière et on a mis en place le système d'élimination de l'huile. Les ponts ont été arrêtés, et on a abaissé la barrière du pont auxiliaire. Les ponts ont ensuite été ramenés à leur position de départ, à l'extrémité nord du bassin. L'huile se trouvant derrière la barrière du pont auxiliaire était prise en sandwich entre ce pont et une barrière MP de 19,8 m de longueur qui traversait tout le bassin. Cette huile a été poussée vers le côté est du bassin par un jet d'eau provenant de deux boyaux d'incendie et recueillie là par un écrémeur Kaiser SWISS OELA III. Le liquide écrémé a été pompé dans des barils en polypropylène pour être mesuré et échantillonné.

3.2 Essais de combustion

Approximativement 76 l de pétrole brut Murban ont été déversés à l'intérieur du U formé par la barrière; en outre, quatre seaux remplis de ce pétrole ont été placés sur le pont principal. Au début de l'essai, la barrière a été amenée à une vitesse de 0,25 kt. Un flotteur en mousse "éthafoam" de 150 mm de longueur et de 150 mm de diamètre, a été entouré de sorbant de la compagnie 3M attaché avec du simple fil de fer n° 100 de façon à former une mèche. Celle-ci, après avoir été trempée dans le pétrole et recouverte, par pulvérisation, d'un liquide inflammable à base d'éther utilisé pour le démarrage de moteurs, a été allumée et déposée à la surface de l'eau à l'aide d'une gaffe. Le produit préalablement chargé a ensuite été remorqué jusqu'à la mèche de façon que le pétrole prenne feu. Une fois le pétrole à l'intérieur de la barrière en feu, l'essai a pu commencer. À mesure que la combustion du pétrole en diminuait la quantité contenue par la barrière, on en ajoutait à l'aide des seaux disposés sur le pont principal, de façon à maintenir l'approvisionnement en pétrole.

3.3 Essais de résistance limite

La barrière a été remorquée par le pont principal à des vitesses allant jusqu'à 3,5 kt, de façon à pouvoir déterminer la résistance des matériaux et la tendance du dispositif à s'enfoncer dans l'eau ou à raser celle-ci à vitesse élevée. De plus, on a exposé la barrière dans toute sa longueur à un clapotis de port (simulé) de 0,63 m pendant quarante-cinq minutes afin d'évaluer sa stabilité dans une eau très agitée. Il est certain que ces essais n'étaient pas aussi valables qu'une expérimentation réelle en mer, mais ils ont donné néanmoins une indication de l'efficacité de la barrière.

4 RÉSULTATS DES ESSAIS

4.1 Essais de confinement

Dans le cas de la barrière GemEng, les pertes prévues étaient fondées sur les essais de deux autres barrières, effectués selon le même principe, seules les pertes par le dessous de la jupe étant mesurées. Le tableau 1 donne les valeurs des pertes prévues. On a estimé qu'un taux de pertes par la barrière GemEng, comparable à ceux des deux autres dispositifs, démontrerait que le premier dispositif possède une capacité suffisante de rétention des hydrocarbures. Les résultats de l'essai en eau calme montrent que la vitesse de remorquage provoquant les premières pertes était plus élevée que prévu. Aux vitesses supérieures à celle de la première perte, les taux de pertes étaient légèrement inférieurs aux valeurs prévues (figure 4). La série d'essais aux vitesses les plus faibles a révélé que les pertes se faisaient par entraînement (figure 5). Les essais à vitesse élevée ont montré que les pertes étaient dues à la fois à l'échappement laminaire[1] (figure 6) et à l'entraînement[2] de gouttelettes.

TABLEAU 1 TAUX DE PERTES PRÉVUS EN EAU CALME

Vitesse de remorquage (kt)	Taux de pertes (m^3/h)
0,6	0,1
0,7	0,3
0,8	0,7
0,9	1,6
1,0	3,3
1,1	7,0
1,2	14,7
1,3	30,6
1,4	64,5
1,5	135,2

Les pertes en présence de vagues étaient plus grandes que celles observées en eau calme (figure 7). Dans ces essais, les pertes se faisaient plutôt par à-coups, chaque fois que la barrière montait à l'approche d'une vague. La figure 8 montre un exemple de ces pertes saccadées. Dans les vagues les plus petites, la barrière accusait des pertes aussi bien par éclaboussures que par fuites par le dessous de la barrière. Seules les petites vagues provoquaient des éclaboussures (voir figure 9). Le tableau 2 donne les taux de pertes en présence de vagues et en eau calme.

---

1 Échappement laminaire (*drainage*): échappement sous la barrière des hydrocarbures accumulés immédiatement derrière cette dernière.

2 Entraînement: échappement sous la barrière des hydrocarbures mis en suspension dans l'eau à une certaine distance de celle-ci.

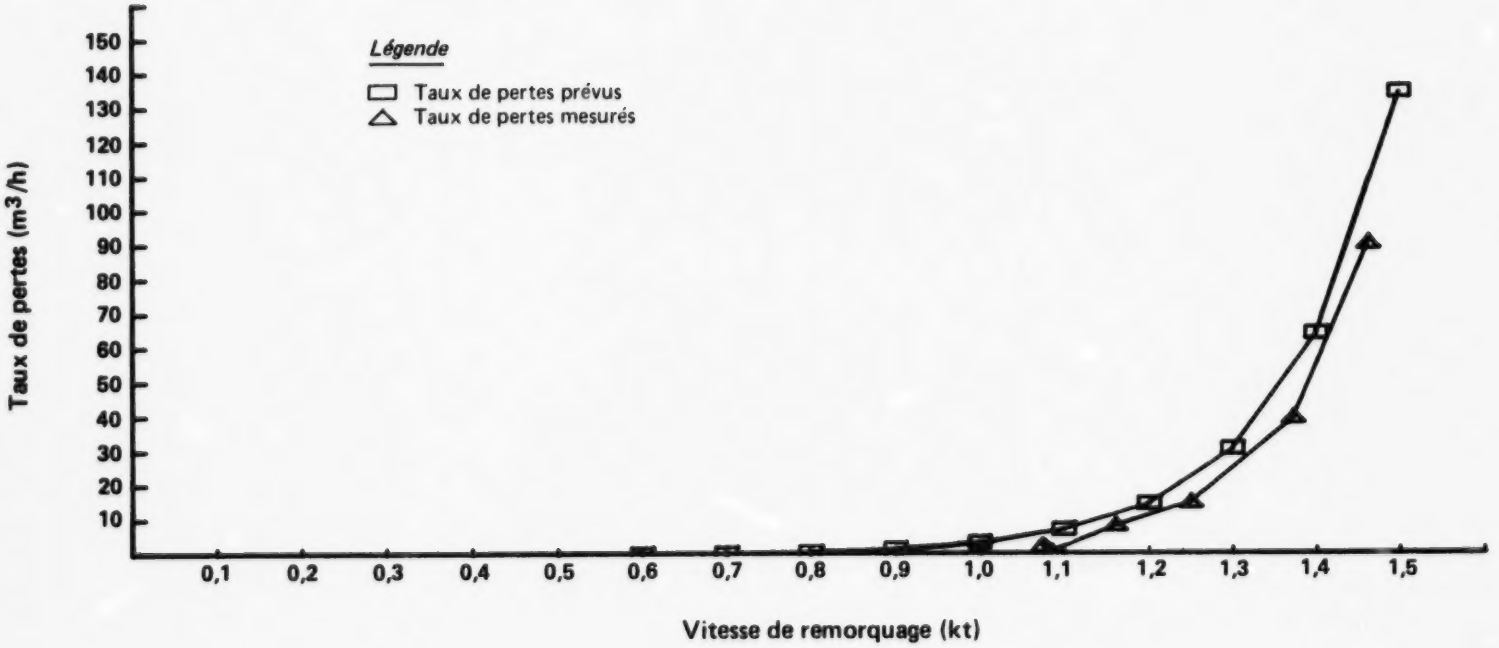


FIGURE 4 COMPARAISON DES TAUX DE PERTES PRÉVUS AVANT LES ESSAIS ET DES TAUX DE PERTES MESURÉS À DES VITESSES DE REMORQUAGE ALLANT JUSQU'À 1,5 kt EN EAU CALME

FIGURE 5 PERTES PAR ENTRAÎNEMENT LORS DES ESSAIS À FAIBLE VITESSE
Cette photographie a été prise sous l'eau pendant l'essai nº 3, à 1,075 kt. Le taux de pertes était de 2,3 m^3/h.

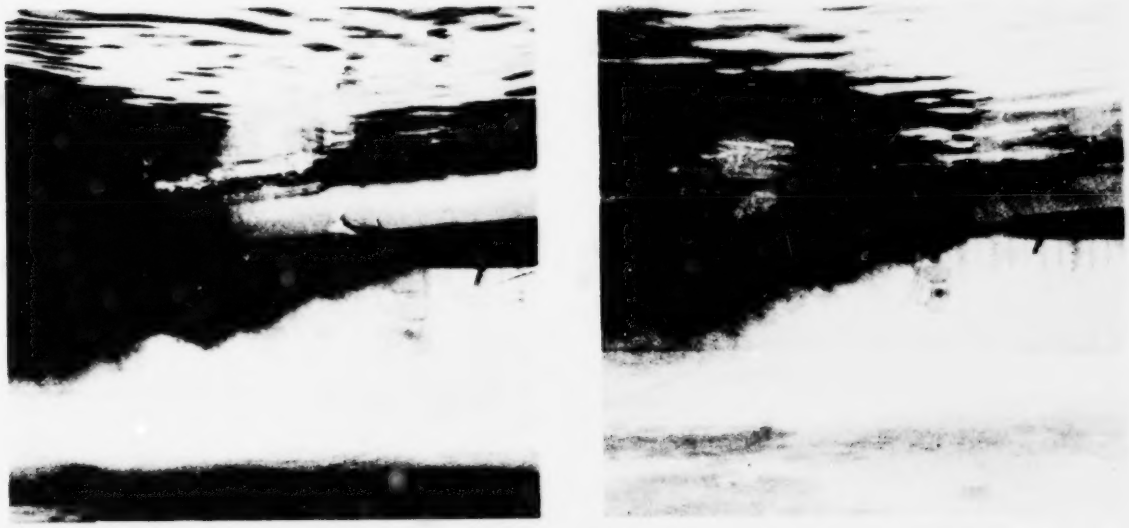


FIGURE 6 PERTES PAR ÉCHAPPEMENT LAMINAIRE AUX VITESSES LES PLUS ÉLEVÉES
Aux vitesses de remorquage les plus grandes, il y a pertes par entraînement et par échappement laminaire, comme le montre la photo de droite.

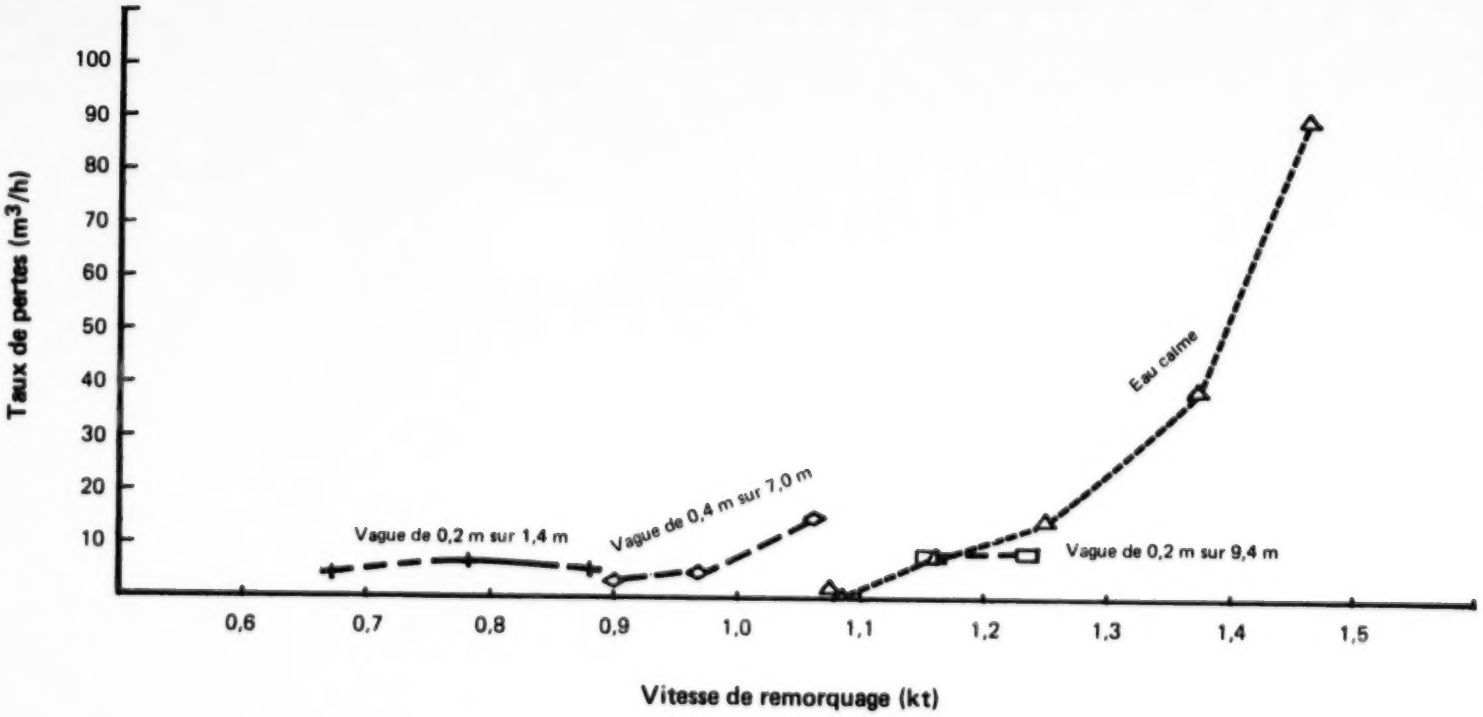


FIGURE 7 COMPARAISON DES TAUX DE PERTES DE LA BARRIÈRE GEMENG EN PRÉSENCE DE VAGUES ET EN EAU CALME
Remarquer que le second point correspondant aux vagues régulières (0,2 m sur 9,4 m) se situe en dessous du taux de pertes en eau calme.

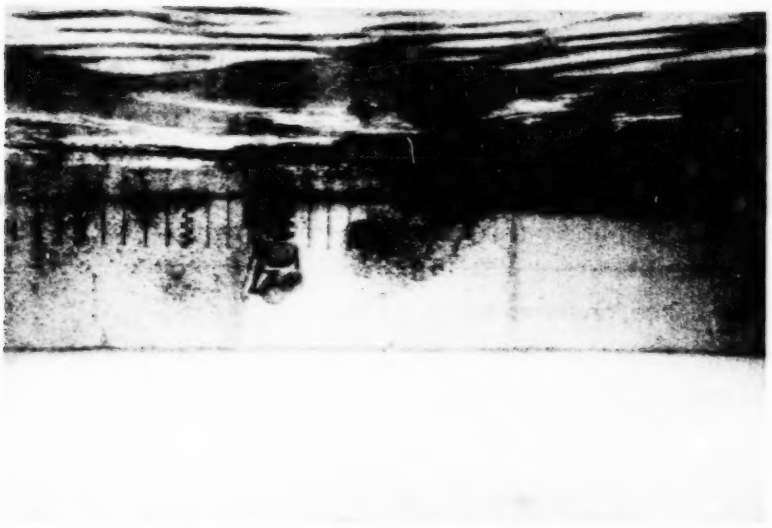


FIGURE 8 PERTES PAR À-COUPS DANS LES VAGUES
Cette photo a été prise sous l'eau lors de l'essai nº 13. La barrière est remorquée dans une vague régulière (0,4 m sur 7,0 m), qui n'apparaît pas très nettement sur la photo. Le taux de pertes mesuré était de 3,1 m^3/h. Remarquer l'agitation des hydrocarbures immédiatement derrière le bas du U de la barrière.

FIGURE 9 ÉCLABOUSSURES AU-DESSUS DE LA BARRIÈRE LORS DES ESSAIS DANS DES VAGUES RÉGULIÈRES
Cette photo, prise pendant l'essai nº 18, montre la barrière GemEng remorquée à 0,782 kt dans une vague régulière (0,2 m sur 1,4 m). Remarquer les éclaboussures. C'était le seul type de vagues qui entraînait des pertes par éclaboussures.

TABLEAU 2 TAUX DE PERTES MESURÉS POUR LA BARRIÈRE GEMENG

Essai nº	Vitesse de remorquage (kt)	Pertes totales (m^3/h)
	Eau calme, première perte: 1,1 kt	
3	1,075	2,3
3R	1,085	0,7
4	1,161	8,2
5	1,250	15,0
6	1,373	39,8
7	1,463	90,8
	Vague régulière de 0,2 m sur 9,4 m, première perte: 1,1 kt	
9	1,154	8,0
10	1,235	8,6
	Vague régulière de 0,4 m sur 7,0 m, première perte: 0,9 kt	
13	0,900	3,1
14	0,968	4,8
15	1,062	15,1
	Vague régulière de 0,2 m sur 1,4 m, première perte: 0,7 kt	
17	0,672	4,4
18	0,782	6,8
19	0,880	5,3

4.2 Essais de combustion

On a effectué en tout trois essais de combustion (voir tableau 3). La barrière a montré une très bonne résistance au feu. Sa surface était écaillée et craquelée, mais elle était réutilisable. Aux vitesses de remorquage les plus faibles, la barrière retenait en totalité les hydrocarbures en feu.

Lors de l'essai de combustion à grande vitesse, le pétrole brut Murban a été perdu par entraînement. À grande vitesse, le mode d'entraînement était comparable à celui observé dans les essais avec l'hydrocarbure Circo. Il y avait également perte d'hydrocarbure en feu par les joints à rotule. Cet hydrocarbure continuait à brûler à proximité de la partie arrière de la barrière (à moins de 1 m environ). Lorsque l'hydrocarbure entraîné refaisait surface, il rencontrait cette masse en combustion et prenait feu à son tour. La figure 10 montre la barrière pendant le deuxième essai de combustion.

Le feu lors de ces essais de combustion était plus intense que celui observé lors d'essais antérieurs effectués à l'O.H.M.S.E.T.T.; un grand tourbillon de feu s'est formé au cours des essais effectués à des vitesses de 0,5 kt et 0,25 kt. Ce phénomène pourrait s'expliquer par la température ambiante plus élevée dans le cas des essais récents. La combustion plus intense favoriserait alors la vaporisation de la fraction légère de l'hydrocarbure brut Murban, d'où un feu plus vif.

TABLEAU 3 RÉSUMÉ DES RÉSULTATS DES ESSAIS DE COMBUSTION

Essai nº	Vitesse de remorquage (kt)	Durée de la combustion	Direction du vent	Vitesse du vent (kt)	Température de l'air (ºC)	Température de l'eau (ºC)
21	0,50	4 mn 21 s	N.	2 à 3	15	23
21R	0,25	7 mn 25 s	S.-E.	1 à 2	14	23
22	1,25	1 mn 44 s	O.	1 à 2	15	23

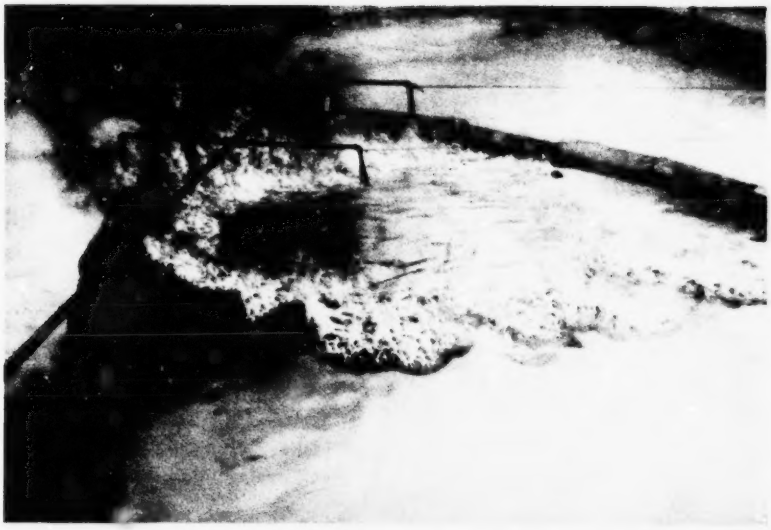


FIGURE 10 BARRIÈRE GEMENG LORS DE L'ESSAI DE COMBUSTION Nº 21R
La barrière est remorquée à 0,25 kt en eau calme. Les flammes circulaires à l'avant étaient dues à la combustion d'un seau rempli de brut Murban ajouté pendant l'essai. Avec une durée de 7 mn 25 s, il s'agissait là du plus long essai avec des hydrocarbures en feu.

4.3 Essais de résistance limite

À une vitesse de remorquage de 3,5 kt, l'eau montait le long de la face antérieure de la barrière. Toujours à 3,5 kt, l'eau commençait à submerger la barrière, jusqu'à ce que celle-ci remonte soudainement et se déplace au même niveau que lors des essais à faible vitesse.

Pendant l'exposition d'une durée de quarante-cinq minutes à un clapotis portuaire de 0,63 m, la barrière a chevauché de façon satisfaisante la vague dans les deux directions de remorquage. Les segments individuels de la barrière ont glissé le long du câble de 10 mm, en entrant en collision l'un avec l'autre. Il y a eu quelques dommages au niveau des joints à rotule. Les segments où la barrière était fixée au câble de contre-remorquage ont plus été endommagés que les autres.

Pendant les essais, la jupe s'est déchirée, et plusieurs longueurs de la cornière de support se sont séparées des flotteurs. Les segments terminaux des sections avaient tendance à pivoter autour du câble de 10 mm, en dépit des poids ajoutés pour empêcher la rotation. Quelques rotules ont perdu le bourrelet en silicone dont elles étaient pourvues.

5 CONCLUSION

La capacité de récupération des hydrocarbures par la barrière GemEng est à peu près comparable à celle des barrières utilisées pour mesurer les taux de pertes et qui n'étaient pas à l'épreuve du feu. Le taux de pertes pour la barrière se situe dans les limites prévues. Le nombre limite de barrières soumises aux essais ne permet pas d'établir avec un niveau de confiance satisfaisant que les taux de pertes légèrement plus faibles sont significatifs; par contre, le taux de pertes en général était plus bas que prévu à toutes les vitesses de remorquage. L'augmentation à 1,1 kt de la vitesse de remorquage correspondant à la première perte est néanmoins significative par rapport à la valeur antérieure de 0,75 kt.

Les conditions expérimentales volontairement excessives ont montré que la barrière pourrait éventuellement résister à des conditions extrêmement difficiles, sans être complètement détruite. Mais, il n'est pas certain que les dommages subits permettent de réutiliser immédiatement la barrière après l'exposition. Il est possible de récupérer les pièces qui la composent. Après les essais, la barrière a été retournée au fabricant qui n'a eu aucune difficulté à réparer les sections endommagées.

En dépit de la remontée soudaine de la barrière à la vitesse de remorquage de 3,5 kt, il est probable qu'il y aurait immersion de celle-ci à des vitesses élevées. Les causes de la remontée en surface ne sont pas connues avec certitude, mais on pense qu'elles sont soit une déformation plastique du membre de traction inférieur, soit une déchirure de la jupe. L'une ou l'autre de ces causes provoque une traction maximale, ce qui a comme effet de diminuer la composante verticale descendante de la force.

6 RECOMMANDATIONS

- L'acier galvanisé de la pièce de 75 mm de diamètre, servant de tampon dans la cavité centrale, devrait être légèrement plus épais, du fait que ces pièces dans plusieurs des segments ont été excessivement déformées et déchirées.

- Le joint étanche à la surface des deux extrémités devrait être renforcé.

- Les éléments anti-torsion en acier inoxydable devraient être remplacés, car les propriétés lubrifiantes des hydrocarbures éliminent la force de retenue, par friction, de ces éléments.

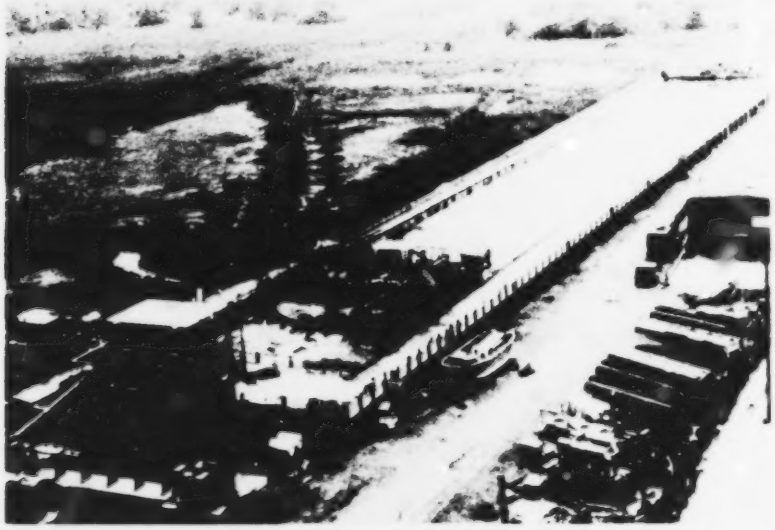
- La cornière d'aluminium (40 mm sur 40 mm sur 3 mm) fixée au système de flottabilité à l'aide de boulons en acier au molybdène devrait être munie d'une plaque métallique disposée parallèlement à l'intérieur de la barrière, de façon à répartir et non à concentrer les forces en ces trois points.

- Les segments terminaux de liaison (fourgons de queue) sont beaucoup plus fragiles que les autres segments de la barrière. L'homogénéité des segments terminaux devrait être améliorée. Leur centre de gravité doit être déplacé au-dessous du centre de flottabilité, de façon qu'ils flottent en position normale sans qu'il soit nécessaire d'ajouter des poids, comme ce fut le cas dans cet essai.

- Le bourrelet en silicone servant à rendre étanche le joint à rotule devrait être élargi et fixé plus solidement à la rotule.

- La jupe devrait être faite d'un matériau offrant une meilleure résistance à la traction que celui utilisé actuellement. L'élément de traction de la jupe doit avoir un diamètre plus grand.

ANNEXE CENTRE D'ESSAI O.H.M.S.E.T.T. (OIL AND HAZARDOUS MATERIALS SIMULATED ENVIRONMENTAL TEST TANK) DE L'AGENCE DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (E.P.A., ÉTATS-UNIS)



L'E.P.A. (États-Unis) exploite l'O.H.M.S.E.T.T. à Leonardo (New Jersey). Cette installation permet d'expérimenter, sans aucun danger pour l'environnement, des dispositifs et des méthodes de récupération des hydrocarbures et d'autres produits dangereux après des déversements accidentels.

L'installation est essentiellement constituée d'un bassin en béton reposant sur des piliers, qui offre une surface d'eau d'une longueur de 203 m, d'une largeur de 20 m et d'une profondeur de 2,4 m. Le bassin peut contenir de l'eau douce ou salée. Le pont qui enjambe le bassin peut exercer une force horizontale allant jusqu'à 151 kN, ce qui permet de remorquer un équipement flottant à une vitesse allant jusqu'à 3,3 m/s (6,5 kt) pendant au moins quarante secondes. Les vitesses plus faibles permettent des durées d'essai plus longues. Le pont-remorqueur est muni d'un dispositif permettant de déposer des hydrocarbures ou d'autres substances dangereuses à la surface de l'eau, à plusieurs mètres devant l'équipement à l'essai; il est ainsi possible de reproduire des nappes d'épaisseur et de largeur voulues, sans être trop gêné par le vent.

Parmi les principales composantes du bassin, on peut citer un générateur de vagues, une "plage" et un système de filtration. Le générateur et la "plage" d'absorption d'énergie peuvent produire des vagues régulières d'une hauteur de 0,6 m et d'une longueur de 45 m, ainsi qu'une succession de vagues complexes, déviantes, d'une hauteur de 0,7 m, qui simulent le clapotis de port. L'eau du bassin est clarifiée par recirculation à travers un filtre à diatomées, d'une capacité de 268 m^3/h, ce qui permet d'utiliser efficacement un système de photographie et de vidéo sous-marin et d'éliminer les hydrocarbures qui passent dans l'eau du bassin lors des essais. Le pont-remorqueur possède sa propre barrière, qui sert à amener les hydrocarbures à l'extrémité nord du bassin aux fins de nettoyage et de recirculation.

Lorsqu'il faut vider le bassin pour l'entretien, toute l'eau qu'il contient, soit 9800 m^3, est filtrée et traitée jusqu'à ce qu'elle satisfasse aux normes qualitatives du gouvernement fédéral et de l'État. Des traitements spéciaux supplémentaires sont parfois nécessaires lorsque des produits dangereux sont employés pour les essais.

Les essais sont commandés à partir d'un bâtiment de 650 m^2, voisin du bassin. Ce bâtiment contient des bureaux, un laboratoire de contrôle de la qualité (élément très important depuis que les liquides à l'essai et l'eau du bassin sont tous recyclés), un petit atelier, et une section pour préparer l'équipement.

L'installation, propriété du gouvernement, mais exploitée sous contrat, est disponible pour des essais selon une formule de recouvrement des fonds. L'exploitant-contractuel, Mason et Hanger-Silas Mason Co., Inc., dispose d'un personnel multidisciplinaire permanent de 21 employés. L'E.P.A. (États-Unis) fournit l'expertise nécessaire dans le domaine des techniques de dépollution suite à des déversements, et le même organisme supervise l'ensemble du projet.

Pour tout renseignement supplémentaire, s'adresser à: Richard A. Griffiths, O.H.M.S.E.T.T. Project Officer, U.S. Environmental Protection Agency, Research and Development, MERL, Edison, New Jersey 08837. Téléphone: 201-321-6629.

POOR

QUALITY

ORIGINAL